

ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU RODA JALAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN AIR CROSS FLOW DENGAN METODE TAGUCHI

Heri Irawan¹, Iskendar²

¹ Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan MAAB

² Fakultas Teknik Universitas Pancasila

¹ Jl. Adhyaksa No. 2 Kayu Tangi Banjarmasin

² Jl. Borobudur No. 7, Cikini, Menteng, Jakarta Pusat

Email : Heri.irawan.up@gmail.com

ABSTRAK

Turbin air crossflow adalah salah satu turbin aksi. Besarnya putaran turbin air crossflow ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu saat air meninggalkan runner. Di dalam perancangan dan pembuatan runner turbin air crossflow mempunyai pengaruh yang besar terhadap putaran. Konstruksi runner turbin air crossflow diantaranya adalah jumlah sudu, ketebalan sudu, kelengkungan sudu, dan bentuk profil sudu. Tesis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu runner terhadap unjuk kerja, yaitu variasi jumlah sudu 18, 20 dan 22 buah. Pelaksanaan penelitian digunakan desain eksperimen metode Taguchi yang merupakan metode perbaikan kualitas dengan melakukan percobaan baru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas unjuk kerja turbin optimum yaitu faktor variasi jumlah sudu, faktor variasi bukaan katup, dan variasi luas pemasukan aliran. Dari faktor variasi jumlah sudu 18, 20, dan 22 buah didapatkan hasil putaran yang optimum pada level faktor terpilih A1 (18 buah) dengan hasil putaran sebesar 310,2 rpm, dari faktor variasi bukaan katup 50%, 75% dan 100% didapatkan hasil putaran yang optimum pada level faktor terpilih B2 (75%) didapatkan hasil putaran sebesar 321,1 rpm, dan dari faktor variasi luas pemasukan aliran 120 mm, 125 mm, dan 130 mm didapatkan hasil putaran yang optimum pada level terpilih C1 (120 mm) didapatkan hasil putaran sebesar 295,7 rpm. Adapun faktor yang paling berpengaruh signifikan berdasarkan hasil ANOVA untuk nilai rata-rata dan SNR didapatkan setting level optimal dari faktor-faktor terkontrol, faktor yang memiliki tingkat signifikan terhadap putaran yang dihasilkan yaitu faktor variasi jumlah sudu 18 buah dengan (F hitung 34,441797) dan faktor variasi bukaan katup 75% dengan (F hitung 59,391498).

Kata Kunci : Head, Turbin Crossflow, Jumlah Sudu, Unjuk Kerja

PENDAHULUAN

Turbin air *crossflow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. Michel pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama Turbin Banki kadang disebut juga Turbin

Michell-Ossberger (Haimerl, L.A.,1960). Pemakaian jenis turbin air aliran silang lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari pengguna kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin air aliran silang lebih

kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter keatas, tetapi diameter turbin air aliran silang dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga dengan daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedangkan efisiensi pada turbin *crossflow* mencapai 82 % (Haimerl, L..A., 1960). Tingginya efisiensi turbin air aliran silang ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air meninggalkan runner. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran runner. Perancangan dan pembuatan roda jalan (runner) turbin aliran silang mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap efisiensinya. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perancangan dan konstruksi roda jalan (*runner*) turbin air *crossflow* diantaranya adalah jumlah sudu, ketebalan sudu, kelengkungan sudu, dan bentuk profil sudu. (Agus Sugiri., 2011) melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap efisiensi turbin aliran silang (*cross flow*). Penelitian dilakukan dengan studi eksperimental menggunakan roda jalan berdiameter 80 mm, panjang 130 mm, variasi jumlah sudu 18, 20, dan 22 buah dengan ketebalan sudu 2 mm. Ketinggian muka air *air/head* yang digunakan pada pengujian adalah 2,5 m. Hasil penelitian menunjukan bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada pengujian dengan muka *air/head* turbin 2,5 m, ketebalan sudu 2 mm dan jumlah sudu 20 buah sebesar 76 %.

METODE PENELITIAN



Pengumpulan Data

Sumber data atau pengumpulan data merupakan proses mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini digunakan data primer dan data sekunder.

Penelitian ini memiliki data primer antara lain data putaran yang dihasilkan oleh turbin air *crossflow*, dan data-data lainnya yang mendukung dalam penelitian ini.

Rancangan Eksperimen

Penelitian ini membuat rancangan eksperimen menggunakan matriks *Orthogonal Array* yang terdapat dalam metode Taguchi berdasarkan pada derajat bebas, faktor dan level faktor. Pada penelitian ini menggunakan *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$ seperti yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel.1 *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$

No	Faktor			Replikasi		
	A	B	C	R1	R2	R3
1	1	1	1	x	x	x
2	1	2	2	x	x	x
3	1	3	3	x	x	x
4	2	1	3	x	x	x
5	2	2	1	x	x	x
6	2	3	2	x	x	x
7	3	1	2	x	x	x

8	3	2	3	x	x	x
9	3	3	1	x	x	x

Penelitian ini memilih faktor-faktor yang diperkirakan akan memberikan pengaruh pada nilai respon dan menentukan nilai level faktornya yang berpengaruh seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penetapan Faktor dan Level Faktor

Faktor	Level Faktor		
	1	2	3
Jumlah Sudu	18	20	22
Bukaan Ktup	50%	75%	100%
Luas Pemasukan Aliran	120	125	130

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian turbin air *crossflow* dengan eksperimen Taguchi

Dalam pengujian turbin dengan eksperimen taguchi terdiri dari faktor-faktor yang terkendali dimana faktor faktor tersebut digunakan dalam penugasan pada tabel *Orthogonal Array*.

Pengujian Putaran Turbin (rpm)

Karakteristik dalam penelitian ini adalah Larger The Better dengan responnya yaitu kualitas putaran turbin.

Tabel 3. Hasil Putaran Turbin

Eksperimen	Head (M)	Jumlah Sudu			R1	R2	R3
		R1	R2	R3			
1	2.5	50	50	50	345.2	300.5	325.1
2	2.5	75	75	75	315.3	337.5	362.5
3	2.5	100	100	100	265.2	275.7	265.2
4	2.5	50	50	50	305.5	277.6	275.7
5	2.5	75	75	75	365.4	345.1	332.5
6	2.5	100	100	100	245.6	219.3	262.5
7	2.5	50	50	50	292.5	207.5	285.6
8	2.5	75	75	75	290.6	275.3	265.6
9	2.5	100	100	100	210.1	225.3	212.5

Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan selanjutnya akan diolah dengan menggunakan dua cara, yaitu Analysis Of Varian (ANOVA) untuk nilai rata-rata dan ANOVA untuk nilai Signal Noise Ratio (SNR).

ANOVA untuk nilai rata-rata dipergunakan untuk mencari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi hasil eksperimen (*setting level*). Sedangkan ANOVA untuk nilai SNR dipergunakan

untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan suatu karakteristik kualitas.

Perhitungan nilai rata-rata dan SNR

Berikut ini perhitungan dari nilai rata-rata dan juga nilai SNR :

- 1) Contoh perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut :

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{3} (345,2 + 300,5 + 325,1)$$

$$\mu = 323,6$$

- 2) Contoh perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut :

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{345,2^2} + \frac{1}{300,5^2} + \frac{1}{325,1^2} \right) \right]$$

$$\eta = 50,15087914$$

Pada tabel 4. Berisikan seluruh hasil perhitungan nilai rata-rata dan SNR.

Tabel 4. Perhitungan Rata-Rata dan SNR

Eksperimen	Faktor Terkontrol			Rata-Rata	SNR
	A	B	C		
1	1	1	1	333.6	50.158079
2	1	2	2	338.4	50.547272
3	1	3	3	268.7	48.581007
4	2	1	2	286.2	49.107153
5	2	2	3	347.6	50.803716
6	2	3	1	242.4	47.620864
7	3	1	3	261.8	48.034235
8	3	2	1	277.1	48.837070
9	3	3	2	215.9	46.675615

Perhitungan ANOVA Nilai Rata-Rata

Berikut ini langkah-langkah perhitungan ANOVA nilai rata-rata :

- 1) Menghitung rata-rata semua eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{345,2 + 300,5 + 325,1 + \dots + 212,5}{27}$$

$$\bar{y} = \frac{7686,4}{27} = 285,0481$$

- 2) Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor, contoh faktor A level 1 :

$$\bar{y} = \frac{y_{ijk}}{n_{ijk}}$$

$$= \frac{323,6 + 338,4 + 268,7}{3}$$

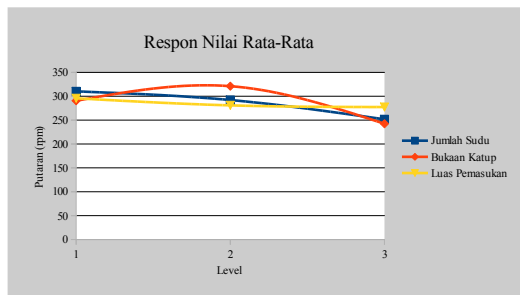
$$= \frac{930,7}{3} = 310,2$$

- 3) Membuat respon tabel dan respon grafik Pada Tabel 5. Memaparkan respon tabel

Tabel 5. Tabel Respon Nilai Rata-Rata

Level	Faktor		
	Jumlah Sudu	Bukaan Katup	Luas Pemasukan
1	310.2	290.6	295.7
2	292.1	321.1	280.9
3	251.7	242.4	277.4
Selisih	58.6	78.7	12.5
Ranking	2	1	3

Pada grafik 1. berikut ini memaparkan respon grafik nilai rata-rata.



Grafik 1. Grafik Respon Nilai Rata-Rata

- 4) Menghitung nilai *total sum of square*

$$SS_{total} = \sum Y^2$$

$$SS_{total} = 323,6^2 + 338,4^2 + 268,7^2$$

$$+ \dots + 215,9^2$$

$$SS_{total} = 2248647,45$$

- 5) Menghitung nilai *sum of squares due to mean*

$$\text{mean } (S_m) = n\bar{y}^2$$

$$\text{mean} = 27 \cdot 284,681^2$$

$$\text{mean} = 2193186,063$$

- 6) Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A :

$$SS_A = n_{A1} \cdot \bar{A1}^2 + n_{A2} \cdot \bar{A2}^2 + n_{A3} \cdot \bar{A3}^2 - S_m$$

$$SS_A = (9 \cdot 310,2^2) + (9 \cdot 292,1^2) + (9 \cdot 251,7^2) - 2188175,739$$

$$SS_A = 15532,83185$$

- 7) Menghitung nilai *sum of squares due to error*

$$SS_e = SS_{total} - S_m - (SS_A + SS_B + SS_C)$$

$$SS_e = 2248647,45 - 2193186,063$$

$$- (15532,8^2 + 28466,9^2 + 1641,6^2)$$

$$SS_e = 9189,9$$

- 8) Menghitung derajat bebas, contoh perhitungan faktor A :

$$DF_A = \text{Jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

- 9) Menghitung nilai *mean sum of squares*, contoh perhitungan faktor A :

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{15532,83185}{2}$$

$$MS_A = 7766,415$$

- 10) Menghitung nilai *F ratio*, contoh perhitungan faktor A :

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{7766,415}{459,50}$$

$$F_A = 16,9019$$

- 11) Menghitung *pure sum of squares*, contoh perhitungan faktor A :

$$SS_A' = SS_A - DF_A \cdot M_e$$

$$SS_A' = 15532,8 - (2 \cdot 459,50)$$

$$SS_A' = 14613,8$$

- 12) Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A :

$$\rho_A = \frac{SS_A'}{SS_t} \cdot 100\%$$

$$\rho_A = \frac{14613,8}{54831,4} \cdot 100\%$$

$$\rho_A = 26,6523\%$$

Hasil seluruh perhitungan ANOVA untuk nilai rata dipaparkan pada Tabel 6.

Tabel 6. ANOVA Rata-Rata

Source	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
A	15533	2	7766	16.901	14614	26.652	3.49
B	28467	2	14233	30.976	27548	50.241	3.49
C	1641.6	2	821	1.7863	722.6	1.3179	3.49
Error	9190	20	459.5	1	11947	21.789	
SSt	58431	26	2109		58431	100	
Mean	2E+06	1					
Sstotal	2E+06	27					

Dari tabel ANOVA diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan yaitu faktor A dan faktor B terhadap putaran yang dihasilkan turbin air crossflow, dimana memiliki perbandingan F-ratio lebih besar dari F Tabel ($F_{0,05;2;20} = 3.49$).

13) Pooling Up

Pada tahap pooling up merupakan rekomendasi untuk penggunaan separuh jumlah derajat kebebasan pada orthogonal array yang digunakan. Hal ini bertujuan agar penghindaran dari estimasi yang berlebihan dan juga menghindari kesalahan pada eksperimen. *Pooling up* diberlakukan pada faktor-faktor yang kurang signifikan yaitu faktor C, berikut perhitungann *pooling up*.

$$SS(\text{Pooled } e) = SS_e + SS_C$$

$$SS(\text{Pooled } e) = 9190 + 1641,6$$

$$SS(\text{Pooled } e) = 10831,6081$$

$$DF(\text{Pooled } e) = DF_e + DF_B + DF_C$$

$$DF(\text{Pooled } e) = 20 + 2 + 2 = 24$$

$$MS(\text{Pooled } e) = \frac{SS(\text{Pooled } e)}{DF(\text{Pooled } e)}$$

$$MS(\text{Pooled } e) = \frac{10831,6081}{22}$$

$$MS(\text{Pooled } e) = 492,345$$

Pada tabel 7. Berikut perhitungan ANOVA setelah *pooling*.

Tabel ANOVA setelah *pooling*

Source	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio%	F Tabel
A		15532	2	7766	14548	14613	26.533	3.55
B		28466	2	14233	27482	27547	50.121	3.55
C	Y	1641	—	—	—	—	—	—
Error	Y	9189.9	—	—	—	—	—	—
Pooled		10832	22	492.3	1	12801	23.346	
SSt		54831	26	2108		54831	100	
Mean		219381	1					
Sstotal		224864	27					

Berdasarkan hasil tabel ANOVA setelah pooling diketahui bahwa faktor A dan faktor B mempengaruhi putaran turbin, dengan kata lain dua faktor tersebut memiliki kontribusi terbesar untuk meningkatkan nilai rata-rata eksperimen putaran turbin. Untuk faktor C sebenarnya memiliki kontribusi juga tapi nilainya lebih kecil. Dari tabel di atas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi error sebesar 23,346102% yang dapat diartikan bahwa semua faktor yang signifikan mempengaruhi rata-rata sudah cukup dimasukkan dalam eksperimen (syarat metode Taguchi untuk persen kontribusi $\leq 50\%$).

Perhitungan ANOVA nilai SNR

Berikut ini langkah-langkah perhitungan ANOVA nilai SNR :

- 1) Menghitung nilai rata-rata SNR seluruh eksperimen

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta}{9}$$

$$\bar{\eta} = \frac{50,1580 + 50,5472 + \dots + 46,6756}{9}$$

$$\bar{\eta} = 48,95116002$$

- 2) Menghitung nilai rata-rata SNR setiap level faktor, contoh faktor A level 1 :

$$\eta = \frac{50,1580 + 50,5472 + 48,5810}{3}$$

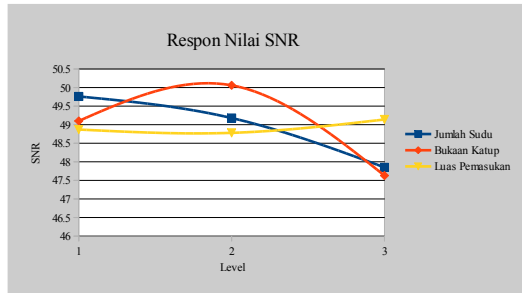
$$\eta = 49,76177018$$

- 3) Membuat respon tabel dan respon grafik
Pada tabel 8. Memaparkan respon tabel nilai SNR.

Tabel 8. Respon Nilai SNR

Level	Faktor		
	Jumlah Sudu	Bukaan Katup	Luas Pemasukan
1	49.67	49.10	48.87
2	49.18	50.06	48.78
3	47.85	47.63	49.14
Selisih	1.90	2.44	0.36
Ranking	2	1	3

Pada grafik 2. Berikut ini memaparkan respon grafik nilai SNR



Grafik 2. Grafik Respon Nilai SNR

- 4) Menghitung nilai
- total sum of squares*

$$SS_{total} = \sum \eta^2$$

$$SS_{total} = 50,1580^2 + 50,5472^2 + \dots + 46,6761^2$$

$$SS_{total} = 21581,018$$

- 5) Menghitung nilai
- sum of squares due to mean*

$$S_m = \eta \cdot \bar{\eta}^2$$

$$S_m = 9,48,95116002^2$$

$$S_m = 21565,9446$$

- 6) Menghitung nilai
- sum of squares due to factors*
- , contoh perhitungan faktor A :

$$SS_A = \eta_{A1} \cdot \bar{\eta_{A1}}^2 + \eta_{A2} \cdot \bar{\eta_{A2}}^2 + \eta_{A3} \cdot \bar{\eta_{A3}}^2 - S_m$$

$$SS_A = (3,49,7168^2) + (3,49,1772^2) + (3,47,9145^2) - 21565,9446$$

$$SS_A = 5,3488$$

$$S(Pooled\ e) = 1641,6141$$

- 7) Menghitung derajat bebas, contoh faktor A

$$DF_A = \text{Jumlah level} - 1$$

$$DF_A = 3 - 1$$

$$DF_A = 2$$

- 8) Menghitung nilai
- mean sum of squares*

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{5,3488}{2}$$

$$MS_A = 2,6744082$$

- 9) Menghitung nilai
- F Ratio*
- , contoh perhitungan faktor A :

$$F_A = \frac{M_A}{M_e}$$

$$F_A = \frac{2,6744082}{0,0774954}$$

$$F_A = 34,51072$$

- 10) Menghitung pure sum of squares, contoh perhitungan faktor A

$$SS_A' = SS_A - DF_A \cdot M_e$$

$$SS_A' = 5,3488 - (2,0,077495)$$

$$SS_A' = 5,19381$$

- 11) Menghitung percent contribution, contoh perhitungan faktor A

$$\rho A = \frac{SS_A'}{SS_t} \cdot 100\%$$

$$\rho A = \frac{5,3488}{15,0800} \cdot 100\%$$

$$\rho A = 34,441797\%$$

Hasil dari seluruh perhitungan ANOVA untuk nilai SNR dipaparkan pada Tabel 9.

Tabel 9. ANOVA Nilai SNR

Source	Pool	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Ratio%	F Tabel
A		5.3488	2	2.6744	34.51	5.193	34.441	6.94
B		9.1112	2	4.5556	58.78	8.956	59.391	6.94
C	Y	0.31	—	—	—	—	—	—
e		0.31	4	0.0074	1	0.9299	6.1667	
SSi		15.08	8			15.08	100	
Mean		21565	1					
Sstotal		21581	9					

Berdasarkan perhitungan ANOVA nilai SNR diatas menunjukkan bahwa nilai persen kontribusi pada error sebesar 6,1667051% yang menunjukkan bahwa semua faktor signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukan dalam eksperimen ini (syarat metode Taguchi untuk persen kontribusi $\leq 50\%$).

Penentuan Setting Level

Setelah menghitung ANOVA untuk nilai rata-rata dan juga nilai SNR, didapatkan level-level faktor optimal dari setiap faktor yang berpengaruh. Pada tabel 10. merupakan tabel setting optimal.

Tabel 10. Setting Level

Faktor	Pengaruh	Setting Level
Jumlah Sudu	Signifikan	A1
Bukaan Katup	Signifikan	B2
Luas Pemasukan	Kurang Signifikan	C3

Selang kepercayaan kondisi optimal

Perkiraan selang kepercayaan dilakukan dengan cara membandingkan pada hasil eksperimen konfirmasi, dimana jika nilai perkiraan dari hasil eksperimen memiliki nilai hampir sama atau mendekati maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat yang ada. Berikut ini perhitungan selang kepercayaan kondisi optimal untuk nilai rata-rata dan juga nilai SNR :

1) Perkiraan selang kepercayaan kondisi optimal nilai rata-rata

a) Perkiraan kondisi optimal nilai rata-rata untuk seluruh data yaitu $\bar{y} = 285,0481$

$$\mu_{prediksi} = \bar{y} + (\bar{A1} - \bar{y}) + (\bar{B2} + \bar{y})$$

$$\mu_{prediksi} = \bar{A1} + \bar{B2} - \bar{y}$$

$$\mu_{prediksi} = 310,2 + 321,1 - 285,0481$$

$$\mu_{prediksi} = 346,2519 \text{ rpm}$$

b) Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{a,v1,v2} \cdot MS_e \cdot \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

dengan $neff$:

$$neff = \frac{9.3}{DF_{\mu} + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{27}{1+2+2} = 5,4$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut :

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{a,v1,v2} \cdot MS_e \cdot \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;22} \cdot 492,345 \cdot \left[\frac{1}{5,4} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{4,30 \cdot 492,345 \cdot \left[\frac{1}{5,4} \right]}$$

$$CI_{mean} = \pm 19,800$$

Didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata optimal

$$\mu_{prediksi} - CI_{mean} \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + CI_{mean}$$

$$346,2519 - 19,800 \leq \mu_{prediksi} \leq 346,2519 + 19,800$$

$$326,2519 \leq \mu_{prediksi} \leq 366,0519$$

2) Perkiraan selang kepercayaan kondisi optimal nilai SNR

a) Perkiraan kondisi optimal nilai SNR rata-rata. Nilai rata-rata untuk SNR seluruh data yaitu $\bar{\eta} = 48,95$

$$\eta_{prediksi} = \bar{\eta} + (\bar{A1} - \bar{\eta}) + (\bar{B2} + \bar{\eta})$$

$$\eta_{prediksi} = \bar{A1} + \bar{B2} - \bar{\eta}$$

$$\eta_{prediksi} = 49,76 + 50,06 - 48,95$$

$$\eta_{prediksi} = 50,87$$

b) Perhitungan selang kepercayaan

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{a,v1,v2} \cdot MS_e \cdot \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

dengan $neff$:

$$neff = \frac{9}{DF_{\eta} + DFA + DFB}$$

$$neff = \frac{9}{1+2+2} = 1,8$$

Maka selang kepercayaan untuk nilai SNR :

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{a,v1,v2} \cdot MS_e \cdot \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05;1;4} \cdot 0,0774 \cdot \left[\frac{1}{1,8} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \cdot 0,0774 \cdot \left[\frac{1}{1,8} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm 0,5757$$

Didapatkan selang kepercayaan nilai SNR optimal

$$\eta_{prediksi} - CI_{SNR} \leq \eta_{prediksi} \leq \eta_{prediksi} + CI_{SNR}$$

$$50,87 - 1,8 \leq \eta_{prediksi} \leq 50,87 + 1,8$$

$$49,07 \leq \eta_{prediksi} \leq 52,67$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah diteliti pada turbin air *crossflow* dengan variasi jumlah sudu, bukaan katup, dan luas pemasukan aliran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dari faktor variasi jumlah sudu 18 buah, 20 buah dan 22 buah didapatkan hasil putaran yang optimum pada level faktor terpilih A1 (18 buah) dengan hasil putaran yang didapat sebesar 310,2 rpm. Dari faktor variasi bukaan katup 50%, 75% dan 100% didapatkan hasil putaran yang optimum pada level faktor terpilih B2 (75%) dengan hasil putaran yang didapat sebesar 321,1 rpm. Dari faktor variasi luas pemasukan aliran 120 mm, 125 mm, dan 130 mm didapatkan hasil putaran optimum pada level faktor terpilih C1 (120 mm) dengan hasil putaran yang didapat sebesar 295,7 rpm.
- 2) Adapun faktor yang paling berpengaruh signifikan berdasarkan hasil ANOVA untuk nilai rata-rata maupun nilai SNR didapatkan setting level optimal dari faktor-faktor terkontrol, faktor yang memiliki tingkat signifikan lebih terhadap putaran yang dihasilkan oleh turbin air aliran silang yaitu faktor variasi jumlah sudu 18 buah dengan (F hitung 34,441797) dan faktor variasi bukaan katup 75% dengan (F hitung 59,391498).

“Penggerak Mula Turbin”., ITB Bandung.

- [4] Paryatmo Wibowo., (2007), “Turbin Air”., Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5] Fritz Dietzel., (1993)., “Turbin, Pompa dan Kompresor”., Erlangga, Jakarta
- [6] Isnogroho., (2009),”Pompa Air Mikro Hidro, Alternatif Menghadapi Krisis Energi”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementrian Pekerjaan Umum, Surakarta.
- [7] Haimerl, L. A., (1960),”The Crossflow Turbine”., Water Power Engineering Magazine, Volume 12, No .1: 5-13.
- [8] R. P. Saini., S. K. Singal., (2015),”*Development Of Crossflow Turbine For Pico Hydro*”, Alternate Hydro Energy Centre, IIT Roorkee, Ultrakhand
- [9] Chandra Prasetya, Arif Rahman, Remba Yanuar Efranto., (2013), “Analisa Desain Eksperimen Pembuatan Alternatif Lumpur Lapindo dan *Fly Ash* Dengan Metode Taguchi”, Universitas Brawijaya., Malang.
- [10] Nur Firstiawan., (2012),”Optimasi Parameter Proses Pemesinan *CNC Milling* Terhadap Kekasaran Permukaan Kayu Jati Dengan Metode Taguchi”, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

REFERENSI

- [1] Agus Sugiri., (2011),”Pengaruh Jumlah Sudu Roda Jalan Terhadap Efisiensi Turbin Aliran silang (*Crossflow*)”, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- [2] Safril., (2012),”Perencanaan *Runner* dan Poros Turbin *Crossflow* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro”, Politeknik Negeri Padang, Padang.
- [3] Arismunandar., Wiranto., (1997).,